

03500.017365



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)	
	:	Examiner: Unassigned
TAKAHISA KATO, ET AL.)	
	:	Group Art Unit: 2873
Application No.: 10/608,109)	
	:	
Filed: June 30, 2003)	
	:	
For: OPTICAL DEFLECTOR AND)	
METHOD OF PRODUCING	:	
SAME)	November 24, 2003

Mail Stop: Missing Parts
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

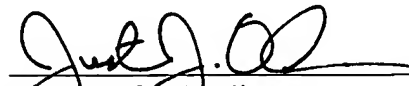
Sir:

In support of Applicants' claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is
a certified copy of the following Japanese application:

JAPAN 2002-197129, filed July 5, 2002.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicants
Justin J. Oliver
Registration No. 44,986

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3800
Facsimile: (212) 218-2200

JJO/tmm

DC_MAIN 148808v1

CF017365
US/mw

日本国特許庁

JAPAN PATENT OFFICE

1016081109

KATU, et al.

Att'y Dkt. 03500.017365

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年 7月 5日
Date of Application:

出願番号 特願2002-197129
Application Number:

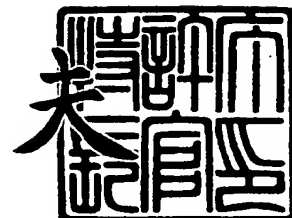
[ST. 10/C]: [JP 2002-197129]

出願人 キヤノン株式会社
Applicant(s):

2003年 7月22日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3057964

【書類名】 特許願

【整理番号】 4646074

【提出日】 平成14年 7月 5日

【あて先】 特許庁長官 及川 耕造 殿

【国際特許分類】 G02B 26/10
G02F 1/29

【発明の名称】 光偏向器及びその製造方法

【請求項の数】 14

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会社
内

【氏名】 加藤 貴久

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会社
内

【氏名】 島田 康弘

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会社
内

【氏名】 八木 隆行

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

【氏名又は名称】 キャノン株式会社

【代表者】 御手洗 富士夫

【電話番号】 03-3758-2111

【代理人】**【識別番号】** 100090538**【住所又は居所】** 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会社
内**【弁理士】****【氏名又は名称】** 西山 恵三**【電話番号】** 03-3758-2111**【選任した代理人】****【識別番号】** 100096965**【住所又は居所】** 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号キャノン株式会
社内**【弁理士】****【氏名又は名称】** 内尾 裕一**【電話番号】** 03-3758-2111**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 011224**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9908388**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光偏向器及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 支持基板に、
可動板の両端が弾性支持部でねじり軸を中心にねじり振動自在に支持され、
前記可動板の一方の面には反射面が形成され、
他方の面には、磁性体が形成され、
前記磁性体の近傍に、磁気発生手段を有し、
前記可動板を、前記磁気発生手段によって前記支持基板に対して相対的に駆動させ、
前記反射面に入射する入射光を偏向する光偏向器であって、
前記可動板の反射面が形成されない面に少なくとも 2 つ以上の凹部を形成し、
前記磁性体は前記凹部に形成されていることを特徴とする光偏向器。

【請求項 2】 前記凹部は、前記可動板の前記ねじり軸から離れて形成され、
前記ねじり軸付近には形成されないことを特徴とする請求項 1 に記載の光偏向器。

【請求項 3】 前記支持基板、弾性支持部、可動板及び凹部は、単結晶シリコンで一体に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 2 のいずれか 1 項に記載の光偏向器。

【請求項 4】 前記可動板の反射面が形成される面は、シリコン結晶面の（1 0 0）等価面で形成され、すくなくとも 1 つの前記凹部はシリコン結晶面の（1 1 1）等価面で構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の光偏向器。

【請求項 5】 前記弾性支持部は断面 X 字状であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の光偏向器。

【請求項 6】 前記可動板の前記反射面と前記磁性体が形成されない面（いわゆる側壁）に、凹部を有することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の光偏向器。

【請求項 7】 前記凹部は、前記可動板幅方向と垂直な断面の側壁がほぼ垂

直であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載の光偏向器。

【請求項 8】 前記凹部は、前記可動板幅方向と垂直な断面がほぼ V 字状であることを特徴する請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の光偏向器。

【請求項 9】 前記凹部の前記可動板と水平な断面は、
前記可動板の表面での面積より、
前記可動板の表面より内部での面積が大きいことを特徴する請求項 1 乃至 8 の何れか 1 項に記載の光偏向器。

【請求項 10】 前記磁性体は、前記可動板幅方向と垂直な断面がほぼ円形であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 いずれか 1 項に記載の光偏向器。

【請求項 11】 前記磁性体は、前記可動板の前記凹部が形成される側の上面から見て、

前記凹部の上部に重なっていることを特徴とする請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の光偏向器。

【請求項 12】 請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の光偏向器を有することを特徴とする光学機器。

【請求項 13】 光源と、該光源から出射された光を偏向する請求項 1 乃至 12 の何れか 1 項に記載の光偏向器を少なくとも 1 つ以上配置した光偏向器または光偏向器群とを具備し、該光偏向器または光偏向器群により偏向された光の少なくとも一部を画像表示体上に投影することを特徴とする画像表示装置。

【請求項 14】 シリコン基板の両面にマスク層を成膜する工程、前記マスク層のうち反射面を形成する面のマスク層を支持基板、弾性支持部、可動板の外形部分を残して除去する工程、前記マスク層のうち反射面を形成する面とは反対側のマスク層を支持基板、弾性支持部及び可動板の外形部分を残して除去すると共に、前記可動板の凹部の部分のマスク層を除去する工程、前記シリコン基板をアルカリ水溶液に浸漬して異方性エッチング加工を行うことにより、前記シリコン基板を支持基板、弾性支持部及び可動板に分離すると共に、前記可動板の一方の面に凹部を形成する工程、前記シリコン基板のマスク層を除去する工程、前記可動板の反射面を形成する面に反射膜を形成する工程、前記凹部に磁性体を形成する工程を含むことを特徴とする光偏向器の製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、入射光を偏向する光偏向器及びその製造方法、それを用いた光学機器に関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

近年において半導体デバイスの高集積化に代表されるようにマイクロエレクトロニクス的发展に伴い、様々な機器が高機能化と共に小型化されてきている。例えば、光偏向器を用いて光走査を行う、レーザビームプリンタ、ヘッドマウントディスプレイ等の画像表示装置、バーコードリーダ等の入力デバイスの光取り入れ装置等においても高機能化、小型化がなされ、より一層の小型化が要求されている。これらの要求を満たす光偏向器として、例えば、特開平06-82711、特開2000-147419等が提案されている。

【0003】

図16は、特開平06-82711に開示された第一の従来例の光偏向器を示す斜視図である。

【0004】

この光偏向器の走査ミラー1001は、長方形の平板状をなしガラス板1009の一方面にアルミ等を蒸着して光を反射できる鏡面部1002が形成され、他方面にSmCo（サマリウムコバルト）等の希土類系の永久磁石1003がスパッタリング等により薄膜状に形成されている。そして、ステンレスやベリリウム銅等の金属製の薄板により短冊状にされた支持部材1004が、その一端部を鏡面部1002の長手方向の両端部中央にそれぞれ固着支持されるとともに、他端部を装置本体（不図示）に固着されており、走査ミラー1001は、両支持部材1004がねじられることによってその両支持部材1004を結ぶねじり軸1005を中心として角変位可能なようになっている。また、永久磁石1003は、図16に示すように駆動軸1005の両側が異極になるように着磁されている。

【0005】

また、磁気発生部 1006 は、コイル 1007 がコイル枠 1008 に巻かれた構成で、永久磁石 1003 が形成された走査ミラー 1001 の他方面側に所定の距離を隔てて配置されている。したがって、コイル 1007 に通電して磁気発生部 1006 から磁気を発生すると、永久磁石 1003 の磁極との間で吸引及び反発力が働き、走査ミラー 1001 は磁気発生部 1006 に発生する磁気に応じて任意の角度に変位するように駆動する。

【0006】

一方、図 17 は、特開 2000-147419 に開示された第二の従来例の光偏向器を示す分解斜視図である。

【0007】

図 17 に示すように、光偏向器 2001 のベース 2002 は扁平長方形状を有し、このベース 2002 の全外周端には立設部 2003 が一体的に突出形成されており、この立設部 2003 上に振動体 2005 が配置されている。

【0008】

この振動体 2005 は、方形状の外枠部 2006 と、この外枠部 2006 の開口部 2006a 内に配置された光反射面 2007a が形成されている反射ミラー部 2007 と、この反射ミラー部 2007 の略重心を通る軸上の位置で反射ミラー部 2007 と外枠部 2006 とを連結する一对の支持部 2008 から構成されている。そして、外枠部 2006 が立設部 2003 上に固定されており、反射ミラー部 2007 は一对の支持部 2008 をねじり軸 CL (図 17) として揺動自在に構成されている。

【0009】

また、反射ミラー部 2007 の裏面には前記ねじり軸 CL に直交する方向に延びる溝 2009a と突起部 2009b とから成るミラー側櫛歯部 2009 が形成されている。この反射ミラー部 2007 のミラー側櫛歯部 2009 に対向するベース 2002 上の位置には左右一对の固定電極 2010, 2011 が配置され、この一对の固定電極 2010, 2011 の上面側にも溝 2012a と突起部 2012b とから成る電極側櫛歯部 2012 が形成されている。そして、ミラー側櫛歯部 2009 と電極側櫛歯部 2012 とは、一方の溝 2009a, 2012a と

他方の突起部 2009b, 2012b とが互いに噛み合うように配置されている。各固定電極 2010, 2011 と反射ミラー部 2007 との間には各切替スイッチ SW1, SW2 を介して選択的に電圧を印加できるよう構成されている。したがって、各切替スイッチ SW1, SW2 を交互にオン・オフ制御し、一对の固定電極 2010, 2011 に交互に電圧を印加することにより、反射ミラー部 7 が一对の支持部 2008 をねじり軸 CL を軸として揺動する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前記第 1 および第 2 の従来例は以下にのべる問題があった。

【0011】

第 1 の従来例において、鏡面部 1002 を高速・高偏向角で駆動させるためには、走査ミラー 1001 のねじり軸 1005 まわりの慣性モーメントがより小さいほうが望ましい。第 1 の従来例の構成で、走査ミラー 1001 の慣性モーメントを低減しようとする、支持部材 1004 を薄くすることが考えられるが、同時に剛性も低下してしまう。したがって、高速にねじり振動する走査ミラー 1001 は駆動時に自重による慣性力を受けて大きく撓んでしまい、高速・高偏向角駆動と偏向器の光学特性の両立が難しいという問題があった。

【0012】

また、大きな発生力が必要な場合は、永久磁石 1003 の厚さを増加せざるを得なくなるため、走査ミラー 1001 の慣性モーメントが著しく増加してしまうばかりか、ねじり軸 1005 と走査ミラー 1001 の重心が大きく離れてしまい安定なねじり振動が得られないという問題があった。

【0013】

第 2 の従来例において、反射ミラー部 2007 を高偏向角で駆動させるためには、反射ミラー部 2007 とベース 2002 との干渉を避けるため、ミラー側櫛歯部の突起部 2009b と電極側櫛歯部 2012b がそれぞれ十分な高さを持っている必要がある。したがって、構造的に、高偏向角に伴って、反射ミラー部 2007 の慣性モーメントは増加せざるをえなくなり、高速で且つ高偏向角という駆動特性の両立が難しいという問題があった。

【0014】

また、第2の従来例において、静電力で駆動するアクチュエータでは電磁力で駆動するものに比べ、高電圧が必要になるため、電源供給部が大型化せざるを得なくなる。したがって、光偏向器が小型化できたとしても駆動のための装置が小型化できず装置全体としては大きくなってしまう問題があった。

【0015】

本発明は、上記従来の問題点に鑑みなされたもので、その目的は、高速に駆動可能で、大きな偏向角がとれ、反斜面の静的な平坦性が優れ、高速動作時にも歪みが少ない、小型で低電圧駆動可能な光偏向器及びその製造方法、それを用いた光学機器を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】

よって本発明は、支持基板に、可動板の両端が弾性支持部でねじり軸を中心にねじり振動自在に支持され、前記可動板の一方の面には反射面が形成され、他方の面には、磁性体が形成され、前記磁性体の近傍に、磁気発生手段を有し、前記可動板を、前記磁気発生手段によって前記支持基板に対して相対的に駆動させ、前記反射面に入射する入射光を偏向する光偏向器であって、前記可動板の反射面が形成されない面に、可動板幅方向、（但し、前記可動板に水平で前記ねじり軸に垂直な方向とする）、へ延びる凹部を形成し、前記磁性体は前記凹部に形成されていることを特徴とする光偏向器を提供する。

【0017】

また、本発明は、シリコン基板の両面にマスク層を成膜する工程、前記マスク層のうち反射面を形成する面のマスク層を支持基板、弾性支持部、可動板の外形部分を残して除去する工程、前記マスク層のうち反射面を形成する面とは反対側のマスク層を支持基板、弾性支持部及び可動板の外形部分を残して除去すると共に、前記可動板の凹部の部分のマスク層を除去する工程、前記シリコン基板をアルカリ水溶液に浸漬して異方性エッチング加工を行うことにより、前記シリコン基板を支持基板、弾性支持部及び可動板に分離すると共に、前記可動板の一方の面に凹部を形成する工程、前記シリコン基板のマスク層を除去する工程、前記可

動板の反射面を形成する面に反射膜を形成する工程、前記凹部に磁性体を形成する工程を含むことを特徴とする光偏向器の製造方法を提供する。

【0018】

【発明の実施の形態】

以下本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0019】

(第1の実施形態)

(全体の説明、ミラー(可動板部))

図1は、本発明による光偏向器の第1の実施形態の構成を示す斜視図である。図1において光偏向器1は支持基板2に可動板6の両端が弾性支持部3で支持された構造となっている。弾性支持部3は可動板6をC軸(つまり、ねじり軸)を中心に弾性的にE方向にねじれ振動自在に支持するものである。また、可動板6の一方の面はミラー面である反射面4となっていて、可動板6のE方向のねじれにより反射面4に入射する入射光を所定変位角偏向するものである。なお、図1のBで示す矢印方向は、ねじり軸Cと垂直で可動板6の反射面4が形成される面と平行な向きを示しており、特にBの矢印方向を「可動板幅方向」とする。

【0020】

(マグネット、凹部)

さらに、可動板6には、反射面4が形成される面と反対側(以下裏面と称す)にB方向に平行に凹部5が複数形成されている。この裏面とは先の反射面4が形成される面に対する他方の面のことであり、反射面が形成されない面のことである。特に、複数設置された凹部5のうち2本には、永久磁石7、例えばサマリウム-鉄-窒素を含む希土類系の永久磁石、が埋め込まれて設置されている。そして、永久磁石7はねじり軸Cを挟んで異極に着磁されている。

【0021】

(一体形成、ミラー基板)

これらの支持基板2、可動板6、反射面4、弾性支持部3及び後述する凹部5は、共に半導体製造技術を応用したマイクロマシニング技術により単結晶シリコンで一体的に形成されている。

【0022】

(コイル基板の説明)

また、永久磁石7と所望の距離をおいて近傍に磁気発生手段であるコイル9が配置されるようにコイル基板8が支持基板2と平行に設置されている。コイル9は図1のようにコイル基板8の面上に、渦巻状に例えば銅を電気メッキすることにより一体形成されている。そしてこの磁気発生手段と磁石が駆動手段となり、可動板と支持基板とが相対的に駆動する。より具体的には可動板が支持基板に対してねじり振動することが出来る。

【0023】

(動作)

図2を用いて、本実施形態の光偏向器1の動作を説明する。図2は、図1の光偏向器1のA-A線での断面図である。図2に示すように永久磁石7はねじり軸Cを挟んで異極となるように着磁されており、その向きは例えば図示の通りである。コイル9に通電することにより磁束Φが通電する電流の向きに関係して、例えば図2の向きに発生する。永久磁石7の磁極には、この磁束に関係した方向にそれぞれ吸引及び反発力が発生し、ねじり軸Cを中心に弾性支持された可動板6にトルクTが働く。同様にして、コイル9に通電する電流の向きを反対にすれば、反対向きにトルクTが働く。したがって、図2に示すように、コイル9に通電する電流に応じて、任意の角度、可動板6を駆動することが可能である。

【0024】

(共振)

更に、コイル9に交流電流を通電することにより、可動板6を連続的にねじり振動させることが可能である。このとき、交流電流の周波数を可動板6の共振周波数とほぼ一致させ、可動板6を共振させると、更に大きな角変位が得られる。

【0025】

(スケール)

本実施形態の光偏向器1は、例えば、可動板6の共振周波数である19kHz、機械的な変位角 $\pm 10^\circ$ で駆動する。支持基板2、可動板6、弾性支持部3は全て等しい厚さ150 μm で構成され、可動板6のB方向の幅が1.3mm、ね

じり軸方向の長さが1.1mmであり、1本の弾性支持部3の長さが $2700\mu\text{m}$ 、幅 $68\mu\text{m}$ で実施される。つまり可動板の面の面積は数 mm^2 程度の面積（特に 2mm^2 以下の面積）でありこの可動板付き支持基板はマイクロ構造体である。

【0026】

（可動板の詳しい構成の説明）

ここで、図3は、支持基板2を裏面からみた斜視図である。

図3に示すように本実施形態では、可動板6の裏面に、B方向に平行に凹部5が複数形成されている。特に、複数設置された凹部5のうち2本には、永久磁石7がB方向に平行に埋め込まれて設置されている。

【0027】

このように本実施形態では、可動板6が凹部を有しない単純な直方体であった場合に比べ、軽量化されており、ねじり軸Cまわりの慣性モーメントが小さくなっている。特に慣性モーメントは可動板6の質量とその部分のねじり軸Cからの距離の2乗との総和で決まるため、図3の凹部5のようにねじり軸Cから遠い位置ほど可動板6のシリコンの質量が少なくなる構成とすることで慣性モーメントを効果的に減少させることができる。

【0028】

一方、図3に示すように複数の可動板6の凹部5は、ねじり軸Cに沿って列状に形成され（それぞれの凹部の方向はねじり軸C方向に交差する方向に配置されている）ており、この列と列の間に残る中実部分のため、効果的に可動板6を支持することができる。このように本実施形態の光偏向器1は可動板6の剛性を十分に保ちながら慣性モーメントを低減できる。また、ねじり軸Cに近い位置には凹部5を設けず（つまり可動板6の中心位置のことで、凹部はねじり軸C上をまたがない）、その結果中実部分が増加する構造となっている。ねじり振動時にはねじり軸Cに近いほど大きな曲げモーメントが可動板6に負荷するため、凹部5の構成を図3のようにすることによりミラー剛性（あるいは可動板の剛性）をなるべく損なわない構成とすることができる。

【0029】

(磁石の形状の説明)

更に、本実施形態の永久磁石 7 は、可動板 6 に形成された凹部 5 に埋め込まれて形成されている。本図では複数の凹部のうち 2 つはねじり軸 C をまたいで設けられており、その 2 つの凹部に永久磁石が埋め込まれて形成されている。また永久磁石が設けられているこれら 2 つの凹部は、他の凹部に比べて弾性支持部 3 に一番近い位置に配置されている。そして可動板 6 に形成された凹部 5 に埋め込まれて形成されていることで、凹部 5 を形成することにより低下した可動板 6 の剛性を効果的に補うことが可能である。特に、凹部 5 は B 方向に平行に細長く形成されており、ここに形成される永久磁石 7 も同様の形状となる。この場合、可動板 6 の慣性モーメントを大きく増加させることなく、可動板 6 の剛性（あるいはミラー剛性）を増加させることができる。

【0030】

また、永久磁石 7 が可動板 6 を形成する材料（本実施形態の光偏向器 1 では単結晶シリコン）よりヤング率が高い場合などは、可動板 6 が凹部 5 を有しない単純な直方体であった場合に比べて、高い剛性を可動板 6 に持たせることが可能となる。

【0031】

また、本実施形態では、可動板 6 の面上に永久磁石 7 が設置される場合に比べ、永久磁石 7 をねじり軸 C に近づけることができ、可動板 6 の慣性モーメントを低減することができる。

【0032】

加えて、可動板 6 の重心もねじり軸 C に近づくため、不要振動の少ない安定したねじり振動とすることができる。

【0033】

(磁石の形状について)

また、発生トルクの観点からも本実施形態の光偏向器 1 の永久磁石 7 の形状は、好ましい効果を持っている。つまり永久磁石の形状が発生トルクに効果的に作用する。可動板 6 に形成される永久磁石 7 は発生トルクを大きくするため、なるべく残留磁束密度が大きな磁石を用いることが望ましい。一般に、磁石は、その

形状に起因する自己減磁作用を受けるため、例えば円柱状の磁石を想定すれば、その直径 D と長さ L の比 L/D が大きい方（所謂パーミアンス係数の大きな形状）が、自己減磁作用が小さく、大きな残留磁束密度を持つ磁石となることが知られている。本発明の永久磁石 7 は、 B 方向に平行に細長く形成された凹部 5 に埋め込まれて形成されており、自己減磁作用が小さく、残留磁束密度の大きな磁石となり、大きな発生トルクのアクチュエータを構成することができる。

【0034】

なお、図 1 では光偏向素子として反射面 4 としたが、反射面 4 を反射型の回折格子としても可動板 6 のねじり振動により同様の動作を行う光偏向器を構成できる。この場合、入射光に対して偏向光は回折光となるため、1 本のビームで複数の偏向光を得ることができる。以下の実施形態では、特に、光偏向素子を反射面 4 とした場合について説明するが、以下のすべての実施形態においても反射型回折格子と置き換えてもよい。

【0035】

（第 2 の実施形態）

図 4 は、本発明の光偏向器の第 2 の実施形態を示す斜視図である。本実施形態の光偏向器 21 は、基本的な駆動原理は第 1 の実施形態の光偏向器 1 と同様である。また、第 1 の実施形態と同様に半導体製造技術を応用したマイクロマシニング技術によって単結晶シリコンで一体的に形成されている。

【0036】

図 1 との違いは、支持基板 2、弾性支持部 3、可動板 6、凹部 5、永久磁石 7 の構造であり、ここでは特にこの点について説明する。なお、図 4 では図 1 と同一部分は同一符号を付している。

【0037】

図 5 (a) は図 4 の $X-X$ 線における断面図、図 5 (b) は $Y-Y$ 線における断面図、図 5 (c) は $Z-Z$ 線における断面図である。弾性支持部 3、凹部の其々の面は、図 5 (a) (b) に示すように部材となる単結晶シリコンウエハの (111) 等価面で構成されている。凹部はねじり軸上にはまたがって配置されていない。なお、(111) 等価面、例えば、 $(-1-11)$ 面、 $(11-1)$ 面

、(100)等価面とは、例えば、(-100)面などの総称とそれぞれする。シリコンの(100)等価面と(111)等価面は図示の通り略54.7°の角度で配されているため、図5(a)に示すように可動板6の側壁、裏面を(111)等価面で陥没状に構成することが可能である。図5(c)に示すよう弾性支持部3のZ-Z線における断面は(111)等価面と(100)等価面で囲まれたX字状断面となっている。

【0038】

また、図5(b)に示すように、可動板6の裏面に形成される凹部5は、Y-Y線における断面が(111)等価面で囲まれたV字状となっている。永久磁石7は、図4、図5(b)に示すように、例えば、鉄—コバルト—クロム合金の線材を加工するなどして形成した円筒形状で、図に示すように凹部5の2本にはめ込まれて、接着されている。

【0039】

本実施形態の凹部5、永久磁石7は、第1の実施形態の光偏向器1の凹部5、永久磁石7と同様の効果を有している。加えて本実施形態の光偏向器21では、可動板6の側壁にも(111)等価面で構成される陥没状の凹部が形成されているため、可動板6の慣性モーメントを更に効果的に低減することが可能である。また、永久磁石7を細長い円筒形状にすることにより、自己減磁作用を効果的に少なくすることができる。

【0040】

本実施形態の光偏向器21では、断面が円形の永久磁石7をV字状断面の凹部5にはめ込む構成となっており、特にねじり軸C方向へは凹部5の(111)等価面によって固定されており、これらの位置精度を高精度にすることができる。これにより、発生トルク、共振周波数など光偏向器の特性の製品間ばらつきを抑えることができる。

【0041】

また、弾性支持部3の断面をシリコンの(100)等価面と(111)等価面で構成されるX字状の多角形とすることにより、可動板6をねじり軸C回りにねじり易く、ねじり軸Cに垂直方向に撓みにくく弾性支持することが可能となる。

このX字状の断面で構成される弾性支持部3により可動板6はねじり軸C回りのねじり振動以外の不要振動が生じにくく、外乱の少ない光偏向器を実現できる。

【0042】

(製法)

次に本実施形態の支持基板2、弾性支持部3、可動板6、凹部5の製造方法を図12(a)～(e)を参照して説明する。図12(a)～(e)は本実施形態における支持基板2、弾性支持部3、可動板6、凹部5のアルカリ水溶液を用いた異方性エッチングによる製造方法を示す工程図である。特に図4 X-X線での断面の各工程の概略図を示している。まず、図12(a)に示すように低圧化学気相合成法等により平板状のシリコン基板104の両面に窒化シリコンのマスク層101を成膜する。

【0043】

次に、図12(b)に示すように反射面4が形成される面のマスク層101を支持基板2、可動板6、弾性支持部3の形成予定部分の外形に応じてパターンニングする。このパターンニングは通常のフォトリソグラフと窒化シリコンを侵食するガス(例えばCF₄等)を用いたドライエッチング加工によって行う。また、図12(c)に示すように反射面4が形成されない面に、支持基板2、可動板6、弾性支持部3、凹部5の外形に応じてマスク層101をパターンニングする。この場合も図12(b)と同様の方法でパターンニングを行う。

【0044】

次いで、図12(d)に示すように単結晶シリコンの結晶面によって腐食する速度が著しく異なるアルカリ水溶液(例えば、水酸化カリウム水溶液、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド水溶液等)に所望の時間、浸漬することによって異方性エッチング加工を行い、図12(d)に示すような形状の支持基板2、可動板6、弾性支持部3、凹部5を形成する。異方性エッチングでは(100)等価面でエッチング速度が速く、(111)等価面で遅く進むため、シリコン基板104の表面と裏面の両面からエッチングを進行させ、マスク層101のパターンとシリコンの結晶面との関係によりマスク層101で覆われた部分の(100)等価面と(111)等価面で囲まれた形状に正確に加工することが可能である。

。即ち、このアルカリ異方性エッチングにより可動板 6 の裏面には (1 1 1) 等価面で構成される凹部 5 が形成され、可動板 6 の側面には (1 1 1) 等価面で陥没状の形状が形成され、同時に弾性支持部 3 もこのエッチング工程で (1 0 0) 等価面と (1 1 1) 等価面で囲まれた X 字状の多角形 (図 5 (c) 参照) に加工される。

【0045】

次に、図 12 (e) に示すように窒化シリコンのマスク層 101 を除去し、更に反射面 4 として高反射率を有する金属 (例えば、アルミニウム等) を真空蒸着する。以上の製造方法により、支持基板 2、凹部 5 が形成された可動板 6、反射面 4、及び弾性支持部 3 が一体に形成される。

【0046】

最後に、加工の容易な金属磁石 (例えば、鉄-コバルト-クロム合金等) の線材を所望の長さに切断し、凹部 5 に接着剤等で接着する。その後、着磁 (着磁方向は図 2 を参照) を行って永久磁石 7 を形成し、図 4 の光偏向器 21 が完成する。

【0047】

このように本実施形態の光偏向器 21 の製造方法によれば、可動板 6、弾性支持部 3 の両方の構造を 1 回のアルカリ異方性エッチングで加工することができるので、非常に安価に大量に製造可能である。また、設計変更等に対してもフォトリソグラフのマスクパターンとエッチング時間の調節で対応可能となるため、光偏向器を益々安価に、開発期間を短く製造可能となる。加えて、可動板 6、弾性支持部 3 の形状は、単結晶シリコンの (1 1 1) 等価面で決定するため、その加工を高精度に行う事が可能である。

【0048】

また、永久磁石 7 を円形断面の線材を切断して形成することにより、加工精度を高く、安価に製造可能となる。

【0049】

(第 3 の実施形態)

図 6 は本発明の光偏向器の第 3 の実施形態を示す斜視図である。

【0050】

本実施形態の光偏向器 31 は、第 2 の実施形態の光偏向器 21 と同様の支持基板 2、弾性支持部 3 が形成されており、この部分の効果もまた同様である。そして、第 2 の実施形態と同様に半導体製造技術を応用したマイクロマシニング技術によって単結晶シリコンで一体的に形成されている。

【0051】

図 4 との違いは、凹部 5、永久磁石 7 の構造であり、ここでは特にこの点について説明する。なお、図 6 では図 4 と同一部分は同一符号を付している。

【0052】

図 7 は図 6 の A-A 線における断面図である。凹部 5 の其々の面は、第 2 の実施形態の光偏向器 21 と同様に単結晶シリコンウエハの (111) 等価面で構成され、図 7 に示したように A-A 線における断面は V 字状となっている。特に本実施形態の光偏向器 31 では、可動板 6 上に形成される全ての凹部 5 がねじり軸 C をはさんで対称に形成されており、ねじり軸 C 付近には凹部 5 が形成されない構成となっている。

【0053】

また、永久磁石 7 は、可動板 6 上の全ての凹部 5 に埋め込まれて形成されている。

本実施形態の凹部 5、永久磁石 7 は、第 1 の実施形態の光偏向器 1 の凹部 5、永久磁石 7 と同様の効果を有している。但し、本実施形態の光偏向器 31 では、凹部 5 をねじり軸 C 付近に形成しないことにより、凹部 5 を形成することによる可動板 6 の剛性の低下を更に抑えることができる。また、永久磁石 7 を全ての凹部に充填することにより、可動板 6 の厚さが薄く、凹部 5 の深さが十分とれない場合でも、磁石の量を増やし大きな発生力を得ることができる。

【0054】

(製法)

また、本実施形態の光偏向器の製造方法としては、図 12 の製造方法を用いることができる。但し、図 12 (c) の工程で、凹部 5 に相当するマスク層 101 の形状が図 6 に対応した形状となる。ついで図 12 (d)、(e) の工程を順次

行う事によって、図6に示すように、支持基板2、可動板6、弾性支持部3、凹部5が形成される。その後、永久磁石7は、例えば、ニッケルコバルトリンを含む合金を電気メッキし、研磨をほどこすなどして全ての凹部5に埋め込まれて形成される。最後に、着磁（着磁方向は図2を参照）を行って永久磁石7を形成し、図6の光偏向器31が完成する。

【0055】

（第4の実施形態）

図8は本発明の光偏向器の第4の実施形態を示す斜視図である。

【0056】

本実施形態の光偏向器41は、第2の実施形態の光偏向器21と同様の支持基板2、弾性支持部3が形成されており、これらの部分の効果もまた同様である。そして、第2の実施形態と同様に半導体製造技術を応用したマイクロマシニング技術によって単結晶シリコンで一体的に形成されている。

【0057】

図4との違いは、凹部5、永久磁石7の構造であり、ここでは特にこの点について説明する。なお、図8では図4と同一部分は同一符号を付している。

【0058】

図9は図8のA-A線における断面図である。凹部5の其々の面は、第2の実施形態の光偏向器21と同様に単結晶シリコンウエハの(111)等価面で構成され、図9に示したようにA-A線における断面はV字状となっている。特に本実施形態の光偏向器41では、永久磁石7は、直方体の平板であり、凹部5上に図9のように形成されている。

【0059】

本実施形態の凹部5、永久磁石7は、第1の実施形態の光偏向器1の凹部5、永久磁石7と同様の効果を有している。

【0060】

但し、本実施形態の光偏向器41では、永久磁石7が凹部5の上部を覆い、中空部分を多く作る構成となっており、永久磁石7の量を少なくして、効果的に凹部5を形成することにより低下した可動板6の剛性を補うことが可能となる。

【0061】

(製法)

また、本実施形態の光偏向器の製造方法としては、図12の製造方法を用いることができる。図12(a)～(e)までの各工程を順次実施することにより、図8に示すように、支持基板2、可動板6、弾性支持部3、凹部5が形成される。

【0062】

その後、加工の容易な金属磁石（例えば、鉄-コバルト-クロム合金等）のシート材を所望の幅、長さに切断し、直方体に加工した後、凹部5上に接着剤等で接着する。最後に、着磁（着磁方向は図2を参照）を行って永久磁石7を形成し、図8の光偏向器41が完成する。

【0063】

(第5の実施形態)

図10は本発明の光偏向器の第5の実施形態を示す斜視図である。

【0064】

本実施形態の光偏向器51は、第2の実施形態の光偏向器21と同様の支持基板2、弾性支持部3が形成されており、これらの部分の効果もまた同様である。そして、第2の実施形態と同様に半導体製造技術を応用したマイクロマシニング技術によって単結晶シリコンで一体的に形成されている。

【0065】

図4との違いは、凹部5、永久磁石7の構造であり、ここでは特にこの点について説明する。なお、図10では図4と同一部分は同一符号を付している。

【0066】

図11は図10のA-A線における断面図である。凹部5の其々の面は、第2の実施形態の光偏向器21と同様に単結晶シリコンウエハの(111)等価面で構成されるが、図11に示したように永久磁石7が形成される凹部5は、A-A線における断面は菱形、その他の凹部5はV字状となっている。特に本実施形態の光偏向器51では、永久磁石7は、この菱形断面の凹部5に埋め込まれて形成されている。

【0067】

本実施形態の凹部 5、永久磁石 7 は、第 1 の実施形態の光偏向器 1 の凹部 5、永久磁石 7 と同様の効果を有している。

【0068】

但し、本実施形態の光偏向器 51 では、図 11 に示したように永久磁石 7 が埋め込まれる凹部 5 の断面形状が菱形となっている。したがって、永久磁石 7 が可動板 6 と密着が悪い場合や、内部応力が大きい場合などでも、可動板 6 から剥離しにくくすることができる。

【0069】

(製法)

次に本実施形態の支持基板 2、弾性支持部 3、可動板 6、凹部 5 の製造方法を図 13 (a) ~ (f) を参照して説明する。図 13 (a) ~ (f) は本実施形態における支持基板 2、弾性支持部 3、可動板 6、凹部 5 のエッチングによる製造方法を示す工程図である。特に図 10 A-A 線での断面の各工程の概略図を示している。まず、図 13 (a) に示すように低圧化学気相合成法等により平板状のシリコン基板 104 の両面に窒化シリコンのマスク層 101 を成膜する。

【0070】

次に、図 13 (b) に示すように反射面 4 が形成される面のマスク層 101 を支持基板 2、可動板 6、弾性支持部 3 の形成予定部分の外形に応じてパターニングする。このパターニングは通常の写真リソグラフィと窒化シリコンを侵食するガス（例えば CF₄ 等）を用いたドライエッチング加工によって行う。

次に、図 13 (c) に示すように反射面 4 が形成される面の反対側のマスク層 101 に永久磁石 7 が形成される凹部 5 の外形に応じたパターニングを行い、その後、ICP-RIE (Inductively Coupled Plasma-Reactive Ion Etching) 装置を用いてシリコンのドライエッチング加工を行い、溝 10 を形成する。

【0071】

次に、図 12 (d) に示すように反射面 4 が形成されない面に、支持基板 2、可動板 6、弾性支持部 3、残りの凹部 5 の外形に応じてマスク層 101 をパター

ニングする。

【0072】

次いで、図12 (d) に示すように単結晶シリコンの結晶面によって腐食する速度が著しく異なるアルカリ水溶液（例えば、水酸化カリウム水溶液、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド水溶液等）に所望の時間、浸漬することによって異方性エッチング加工を行い、図12 (e) に示すような形状の支持基板2、可動板6、弾性支持部3、凹部5を形成する。異方性エッチングでは(100)等価面でエッチング速度が速く、(111)等価面で遅く進むため、シリコン基板104の表面と裏面の両面からエッチングを進行させ、マスク層101のパターンとシリコンの結晶面との関係によりマスク層101で覆われた部分の(100)等価面と(111)等価面で囲まれた形状に正確に加工することが可能である。即ち、このアルカリ異方性エッチングにより可動板6の裏面には(111)等価面で構成される凹部5が形成され、可動板6の側面には(111)等価面で陥没状の形状が形成され、同時に弾性支持部3もこのエッチング工程で(100)等価面と(111)等価面で囲まれたX字状の多角形（図5 (c) 参照）に加工される。特に、予め溝10が形成されていた部分では、図示のように菱形断面をもつ凹部を形成することができる。

【0073】

次に、図12 (f) に示すように窒化シリコンのマスク層101を除去し、更に反射面4として高反射率を有する金属（例えば、アルミニウム等）を真空蒸着する。以上の製造方法により、支持基板2、凹部5が形成された可動板6、反射面4、及び弾性支持部3が一体に形成される。

【0074】

その後、サマリウム-鉄-窒素を含む希土類系の粉体を接合材料と混ぜたペースト状の磁性体を凹部5に形成する。このとき、例えば、シルクスクリーン印刷を用いて菱形断面を持つ凹部5のみに磁性体を塗りこむことができる。最後に、磁場中で加熱処理をした後、着磁（着磁方向は図2を参照）を行って永久磁石7を形成し、図10の光偏向器51が完成する。

【0075】

(第6の実施形態)

図14は上記光偏向器を用いた光学機器の実施形態を示す図である。ここでは光学機器として画像表示装置を示している。図14において、201は第1～第5の実施形態の光偏向器を偏向方向が互いに直交するように2個配置した光偏向器群21であり、本実施形態では水平・垂直方向に入射光をラスタスキャンする光スキャナ装置として用いている。202はレーザ光源である。203はレンズ或いはレンズ群であり、204は書き込みレンズまたはレンズ群、205は投影面である。レーザ光源202から入射したレーザ光は光走査のタイミングと関係した所定の強度変調を受けて光偏向器群201により2次元的に走査する。この走査されたレーザ光は書き込みレンズ204により投影面205上に画像を形成する。つまり本実施形態の画像表示装置はディスプレイに適用できる。

【0076】**(第7の実施形態)**

図15は上記光偏向器を用いた光学機器の他の実施形態を示す図である。ここでは、光学機器として電子写真方式の画像形成装置を示している。図15において、201は第1～第5の実施形態の光偏向器であり、本実施形態では入射光を1次元に走査する光スキャナ装置として用いている。202はレーザ光源である。203はレンズあるいはレンズ群であり、204は書き込みレンズ或いはレンズ群、206は感光体である。レーザ光源から射出されたレーザ光は、光走査のタイミングと関係した所定の強度変調を受けて、光偏向器201により1次元的に走査する。この走査されたレーザ光は書き込みレンズ204により、感光体206上へ画像を形成する。

【0077】

感光体206は図示しない帯電器により一様に帯電されており、この上に光を走査することによりその部分に静電潜像を形成する。次に、図示しない現像器により静電潜像の画像部分にトナー像を形成し、これを例えば図示しない用紙に転写・定着することで用紙上に画像が形成される。

【0078】**【発明の効果】**

以上説明したように本発明の光偏向器は、可動板の反射面とは反対側に凹部を形成することにより、高剛性を確保しながら可動板の慣性モーメントを低減でき、凹部へ磁性体を形成することにより可動板の剛性を更に高くすることができる。また、可動板の面上に磁性体が設置される場合に比べ、磁性体をねじり軸に近づけることができ、可動板 6 の慣性モーメントを低減することができる。

【0079】

そのため、高速駆動が可能で大きな偏向角でも消費電力の少なくできると共に、高速動作でも反射面の変形が少ない、小型の光偏向器を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の光偏向器の第 1 の実施形態を示す斜視図である。

【図 2】

図 1 の A-A 線における断面図である。

【図 3】

図 1 の支持基板、可動板、弾性支持部、凹部、永久磁石を説明するための斜視図である。

【図 4】

本発明の光偏向器の第 2 の実施形態を示す斜視図である。

【図 5】

図 4 の X-X 線、Y-Y 線及び Z-Z 線における断面図である。

【図 6】

本発明の光偏向器の第 3 の実施形態を示す斜視図である。

【図 7】

図 6 の A-A 線における断面図である。

【図 8】

本発明の光偏向器の第 4 の実施形態を示す斜視図である。

【図 9】

図 8 の A-A 線における断面図である。

【図 10】

本発明の光偏向器の第 5 の実施形態を示す斜視図である。

【図 11】

図 10 の A-A 線における断面図である。

【図 12】

図 4 の光偏向器の製造方法を説明する図である。

【図 13】

図 10 の光偏向器の製造方法を説明する図である。

【図 14】

本発明の光偏向器を用いた光学機器の一実施形態を示す図である。

【図 15】

本発明の光偏向器を用いた光学機器の他の実施形態を示す図である。

【図 16】

第 1 の従来例の光偏向器を示す図である。

【図 17】

第 2 の従来例の光偏向器を示す図である。

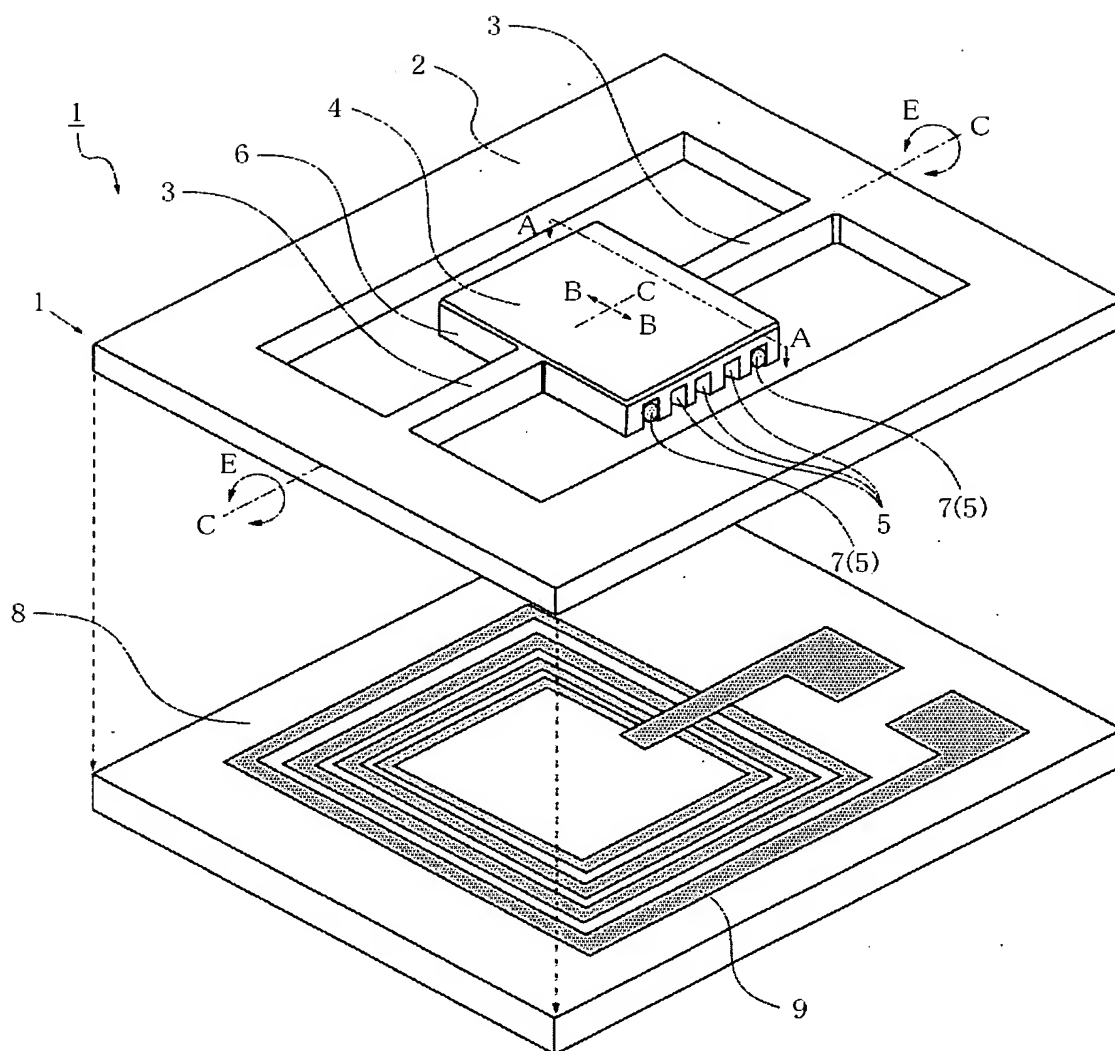
【符号の説明】

- 1, 21, 31, 41、51 光偏向器
- 2 支持基板
- 3 弾性支持部
- 4 反射面
- 5 凹部
- 6 可動板
- 7 永久磁石
- 8 コイル基板
- 9 コイル
- 10 溝
- 101 マスク層
- 102 アルミ層

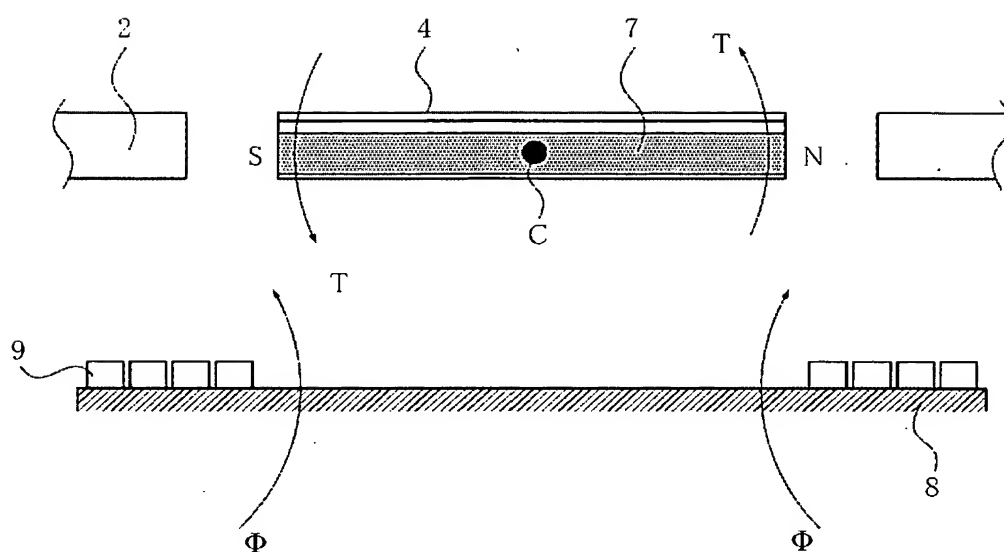
1 0 3 フォトレジスト層
1 0 4 シリコン基板
2 0 1 光偏向器群
2 0 2 レーザ光源
2 0 3 レンズ
2 0 4 書き込みレンズ
2 0 5 投影面
2 0 6 感光体
1 0 0 1 走査ミラー
1 0 0 2 鏡面部
1 0 0 3 永久磁石
1 0 0 4 支持部材
1 0 0 5 ねじり軸
1 0 0 6 磁気発生部
1 0 0 7 コイル
1 0 0 8 コイル枠
1 0 0 9 ガラス板
2 0 0 1 光偏向器
2 0 0 2 ベース
2 0 0 3 立設部
2 0 0 5 振動体
2 0 0 6 外枠部
2 0 0 7 反射ミラー部
2 0 0 8 支持部
2 0 0 9 a 溝
2 0 0 9 b 突起部
2 0 1 0 固定電極
2 0 1 1 固定電極
2 0 1 2 電極側櫛歯部

【書類名】 図面

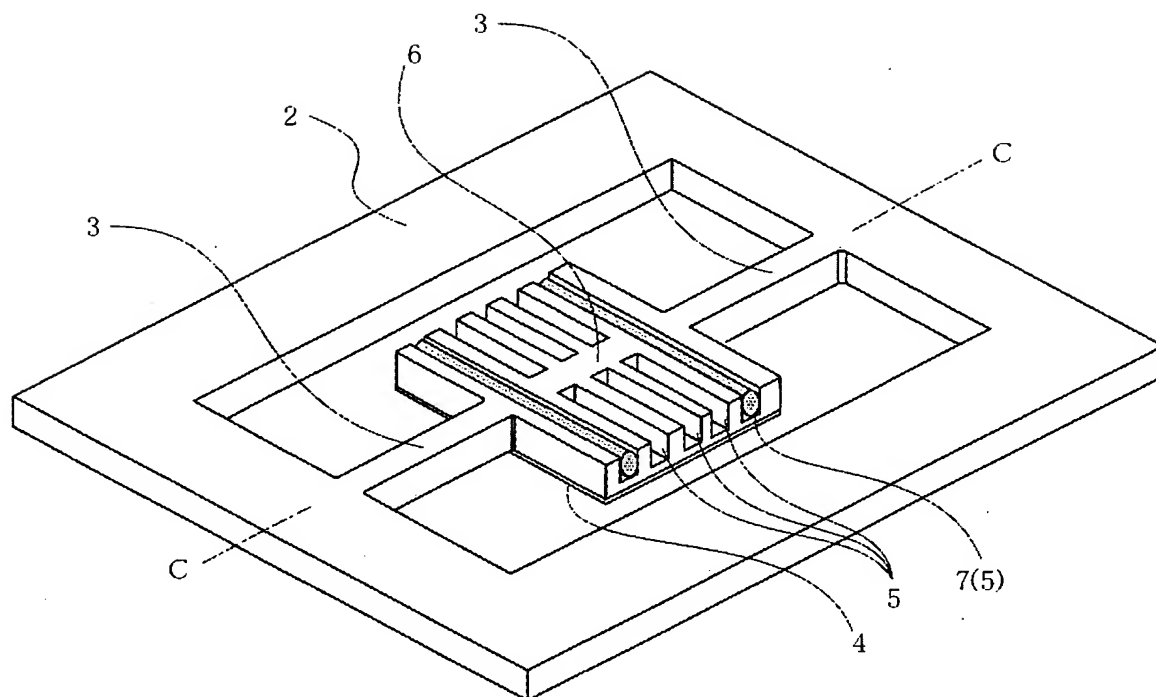
【図 1】



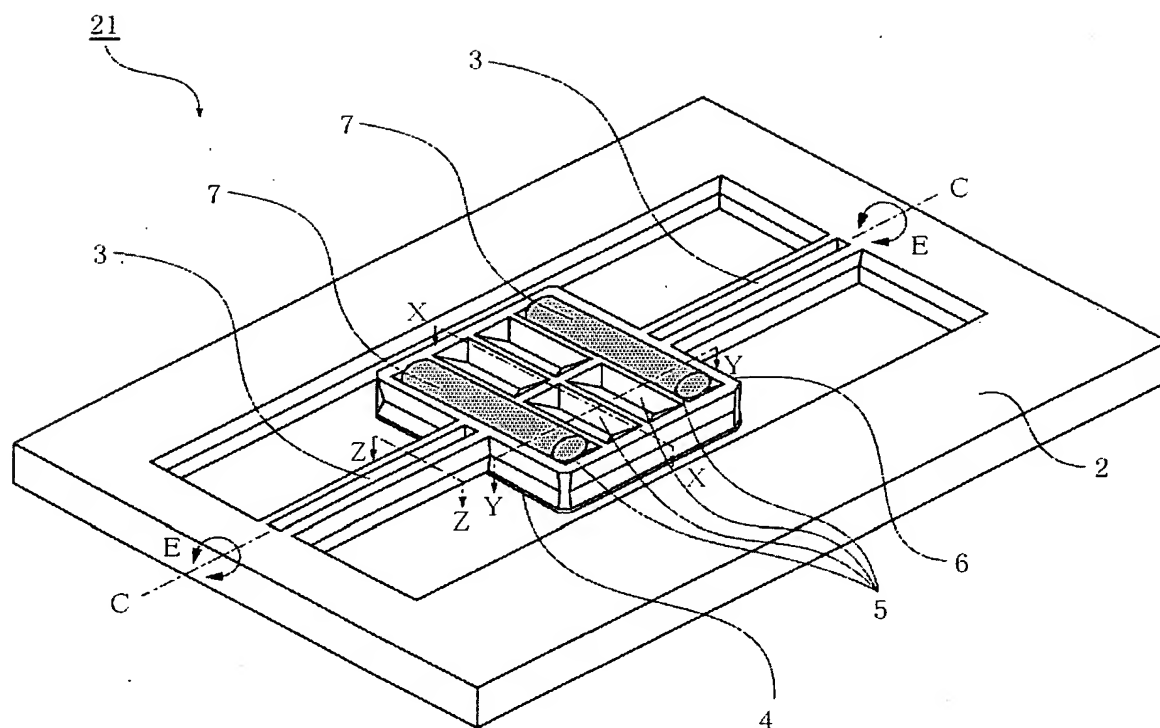
【図 2】



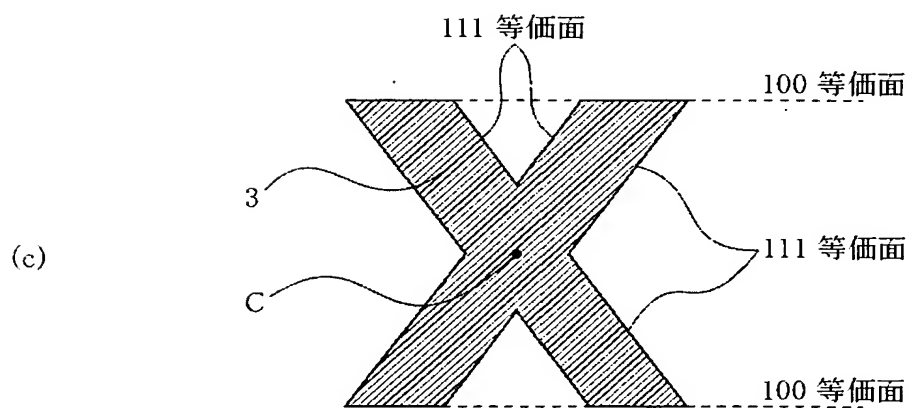
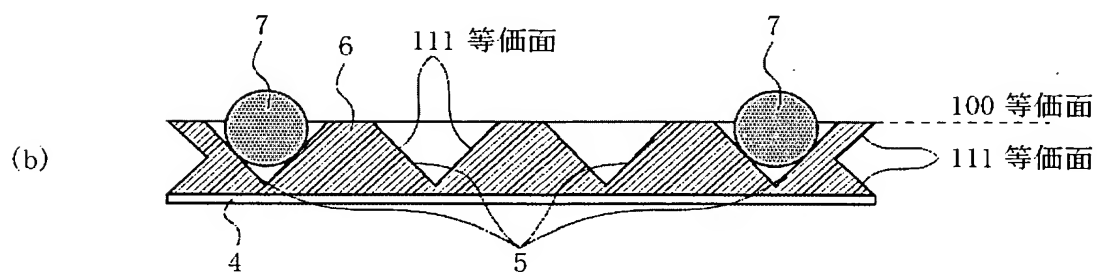
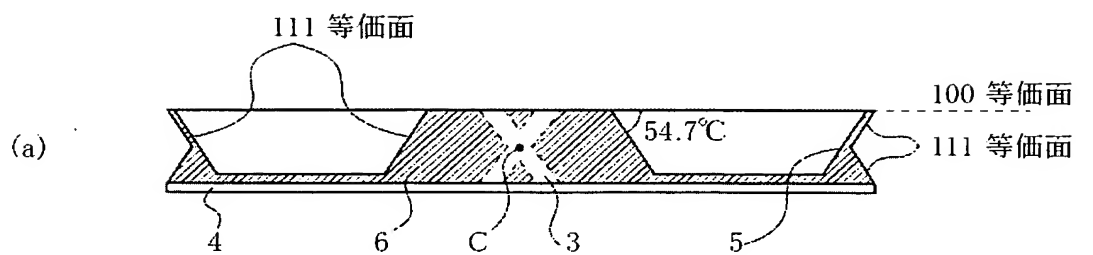
【図 3】



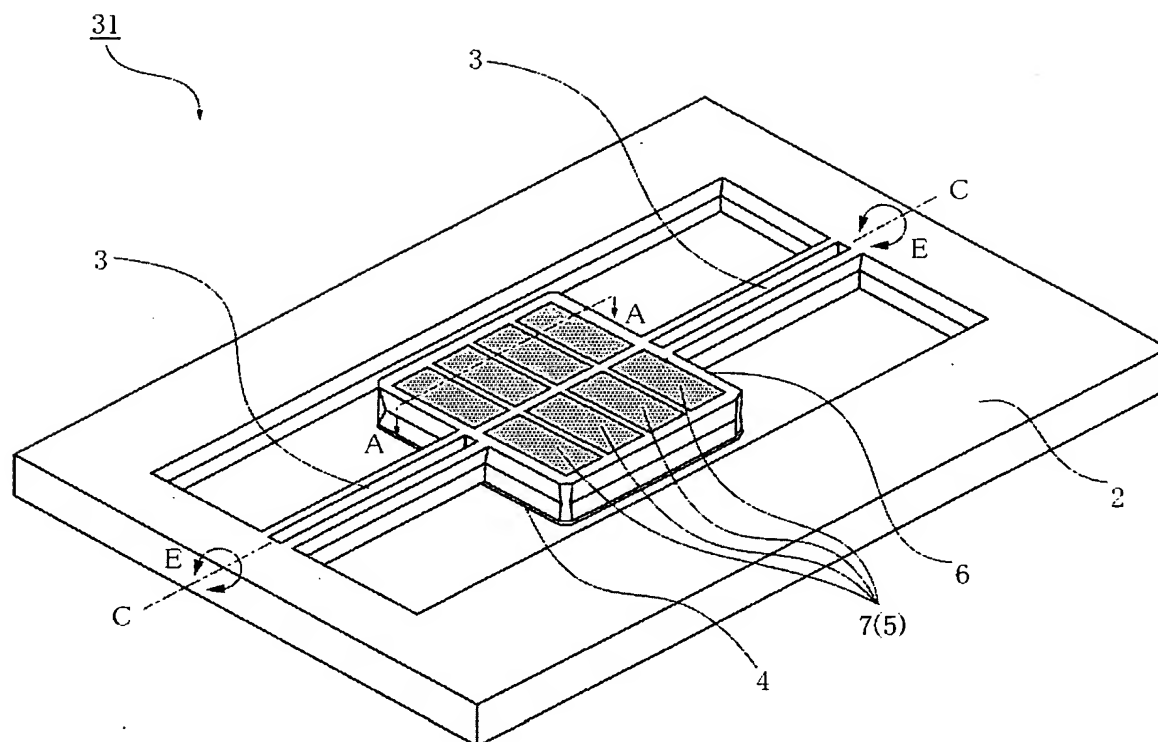
【図 4】



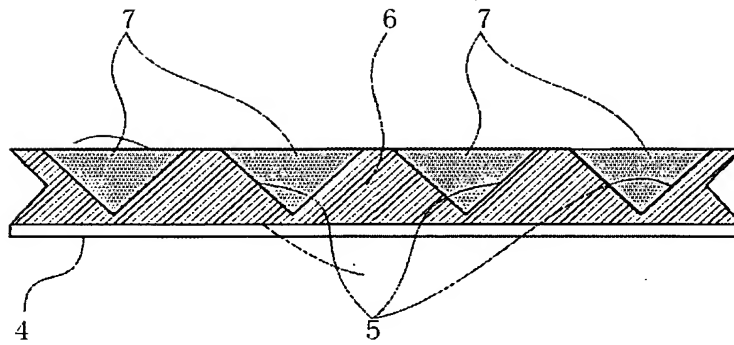
【図 5】



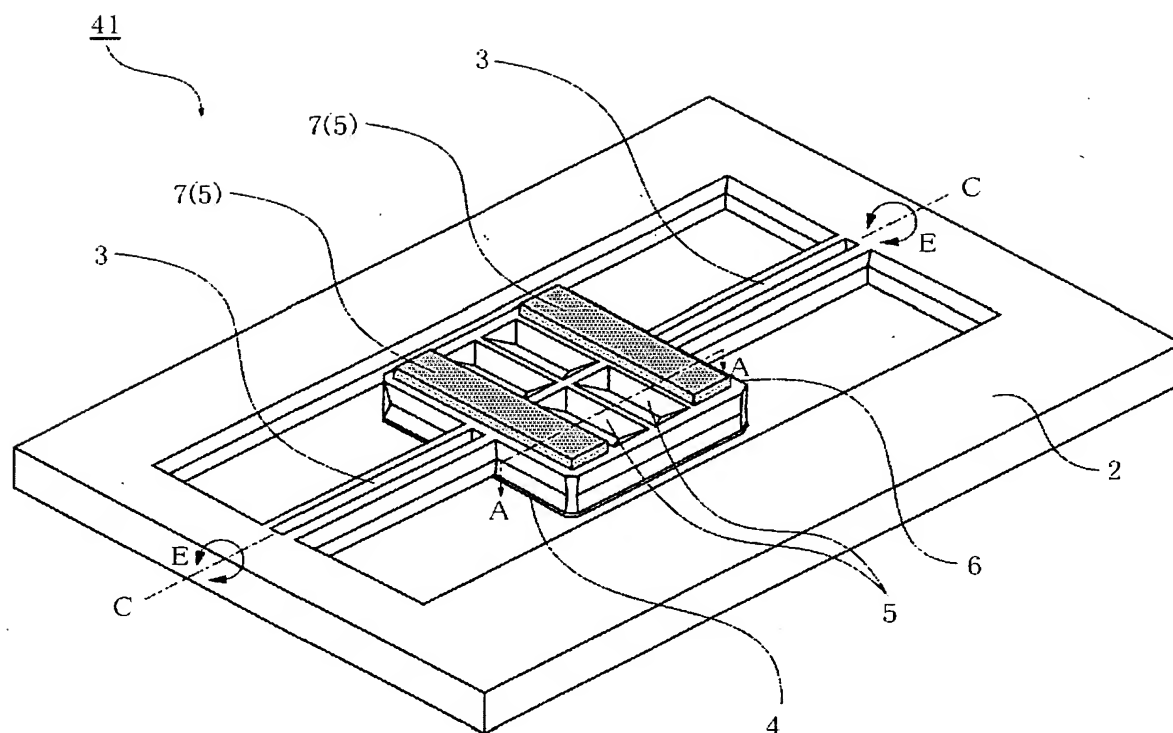
【図 6】



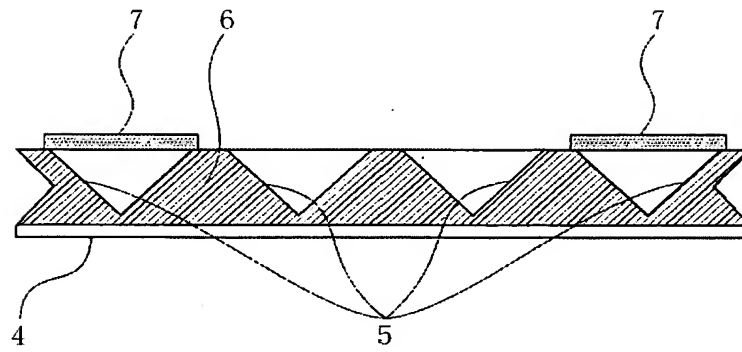
【図 7】



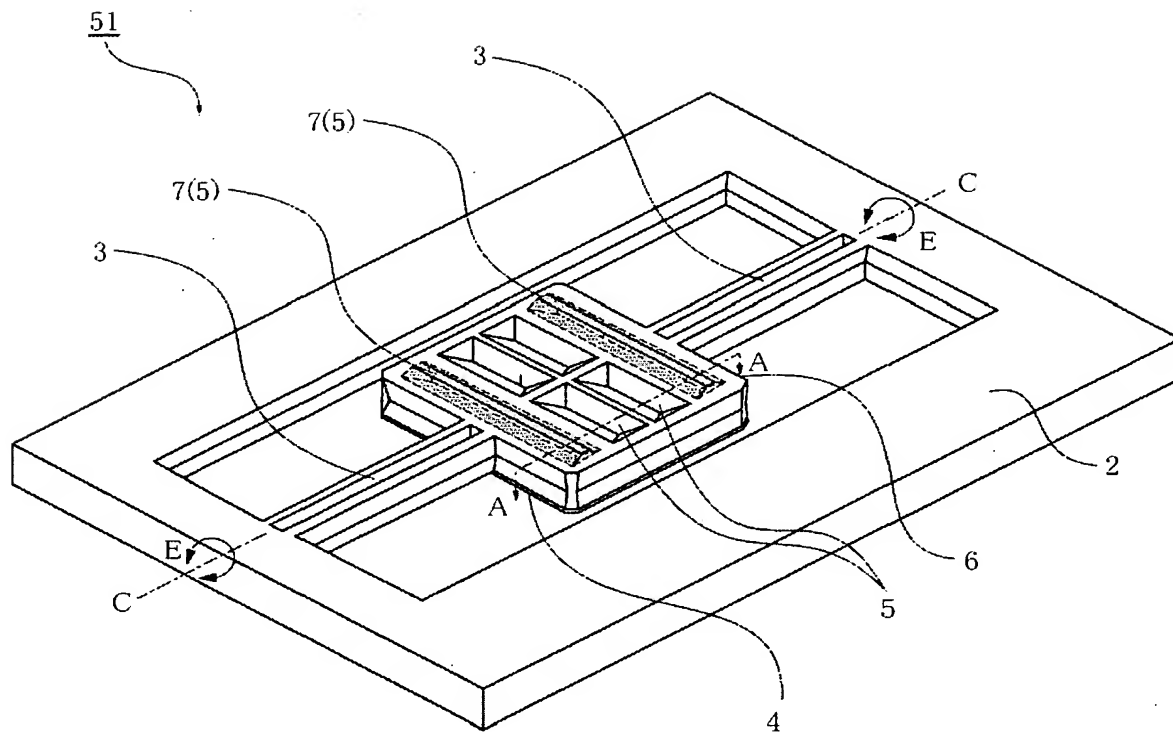
【図 8】



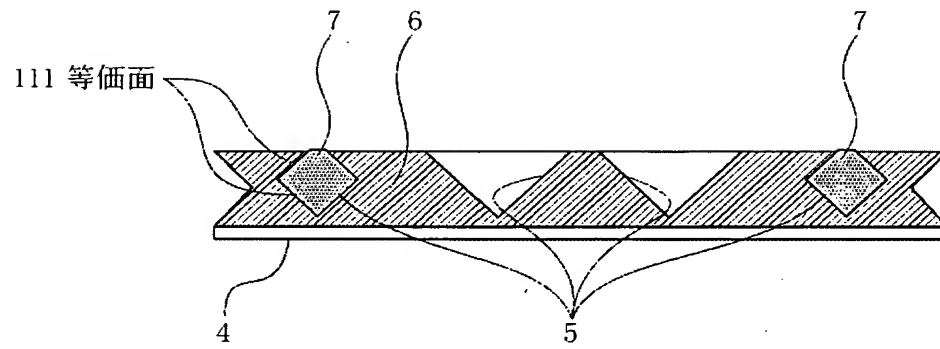
【図 9】



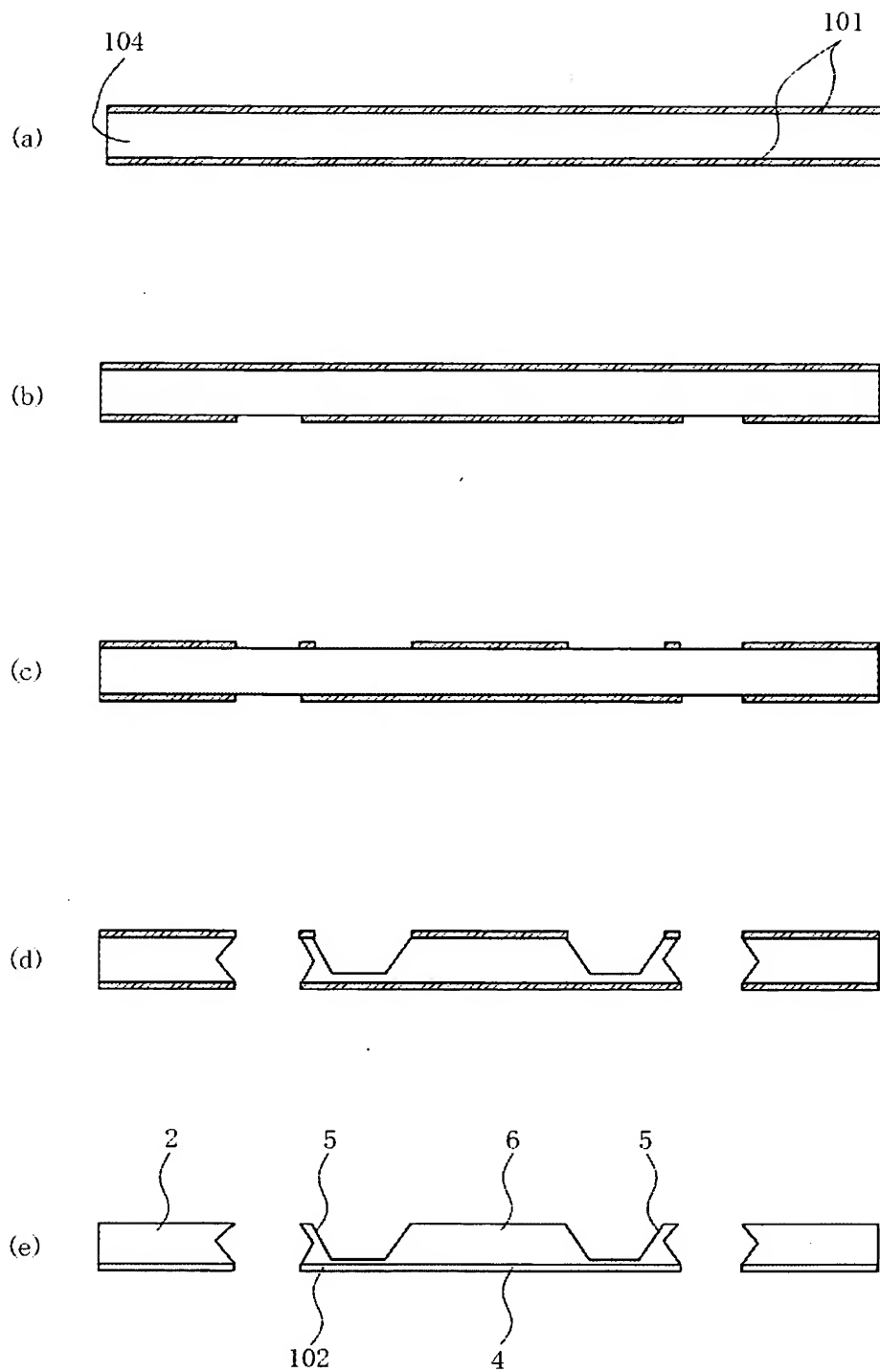
【図 10】



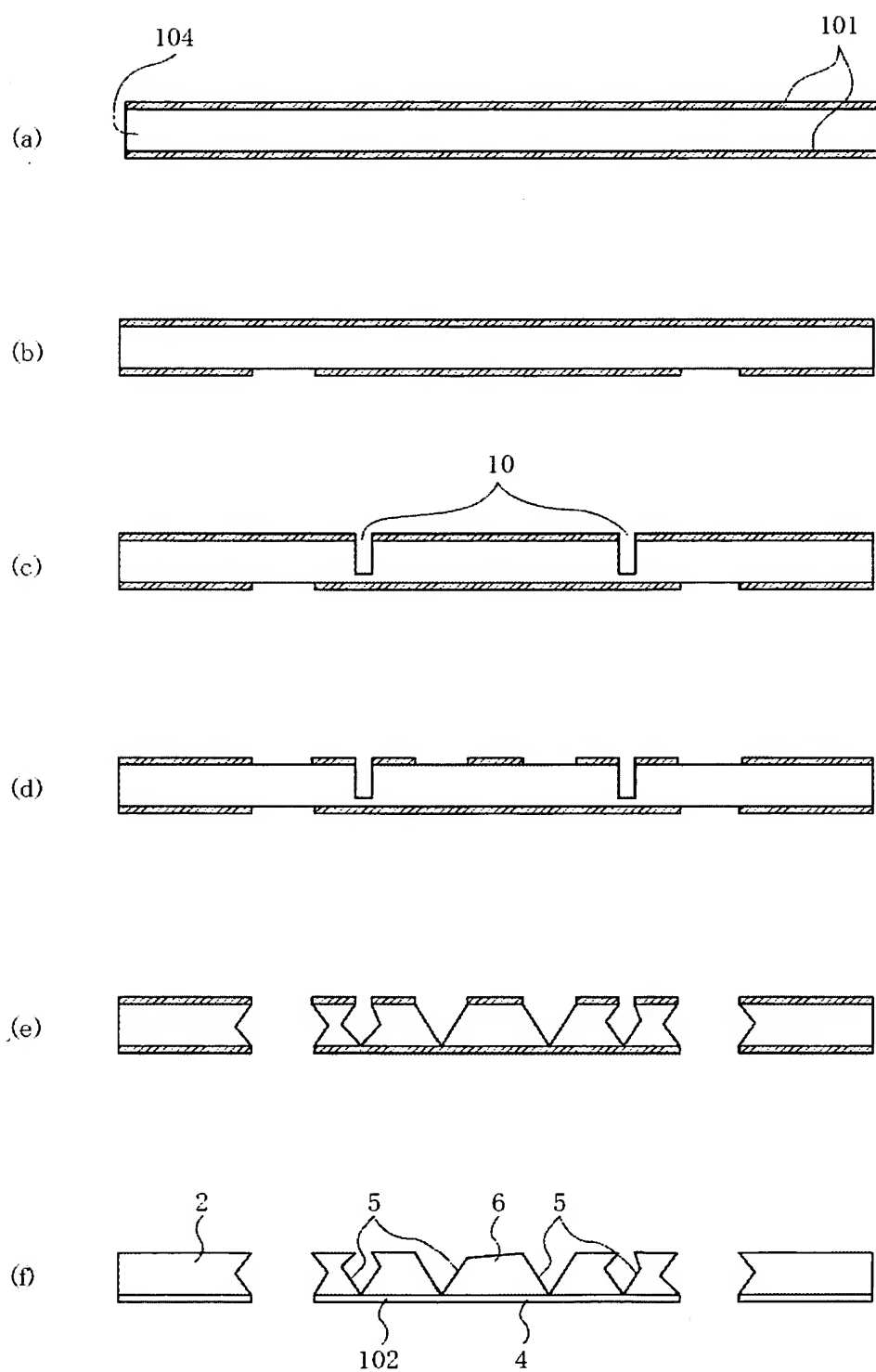
【図 11】



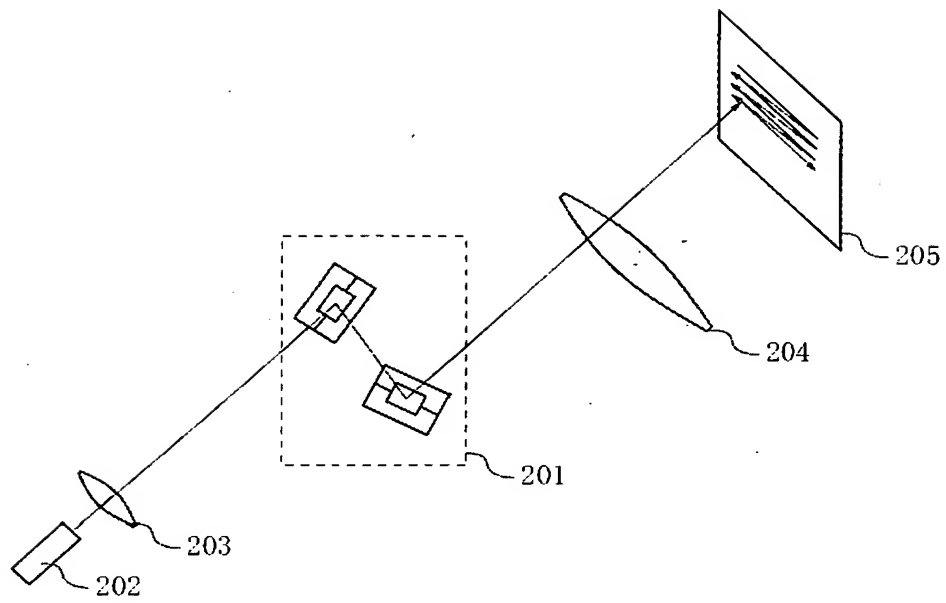
【図 12】



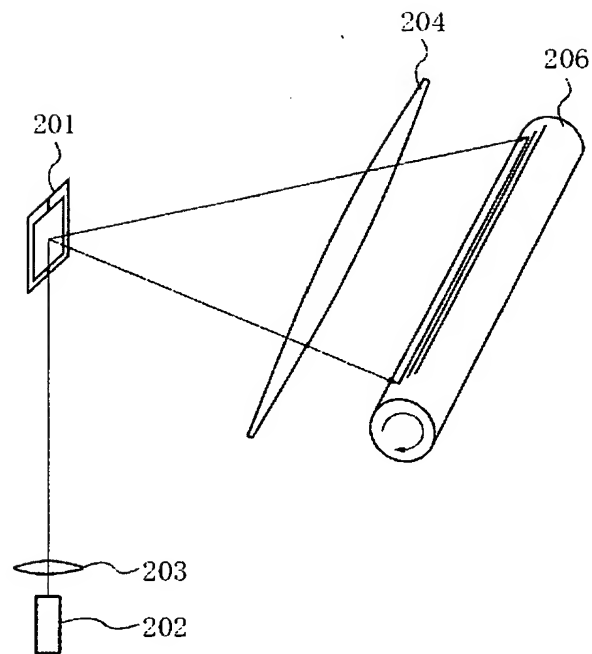
【図 13】



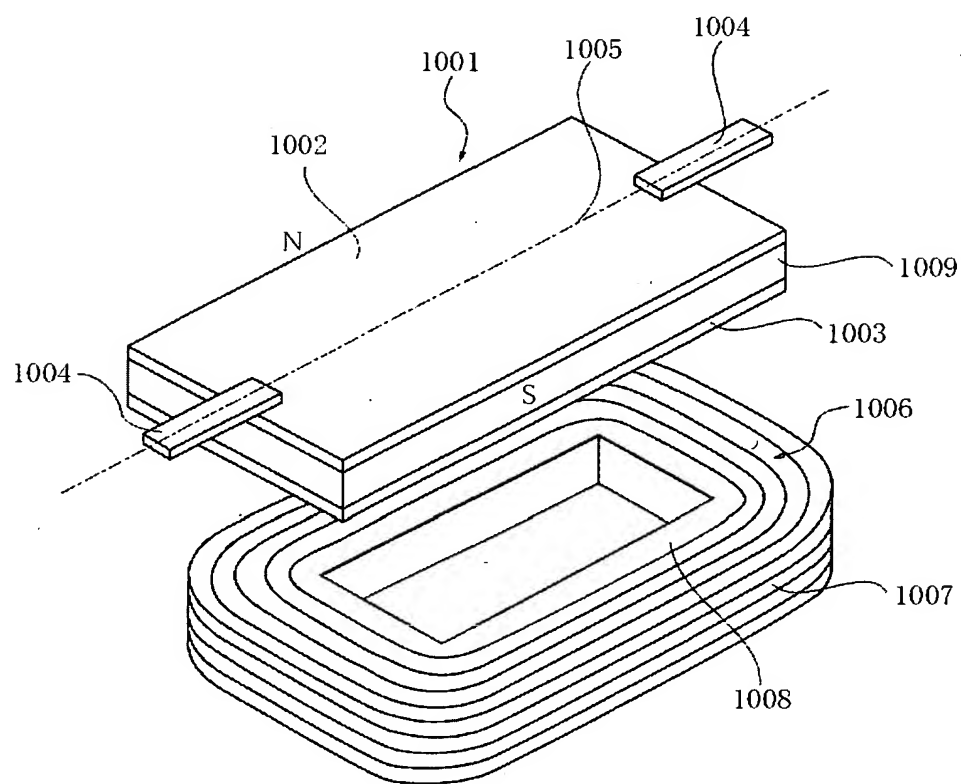
【図 14】



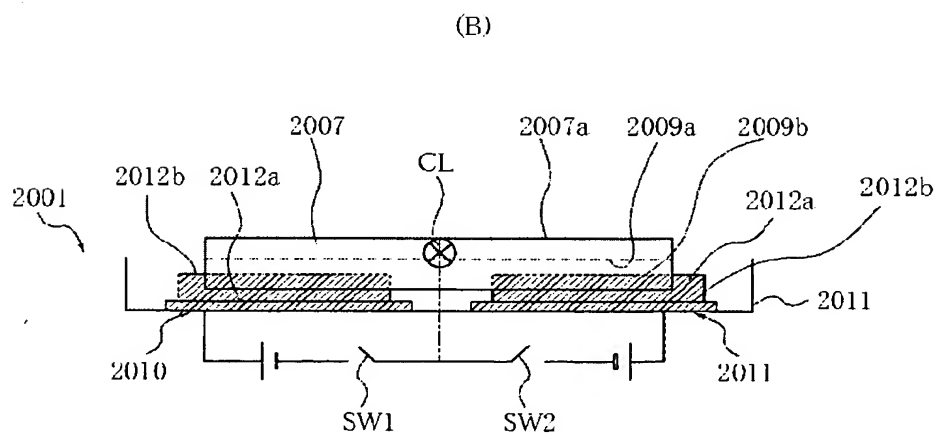
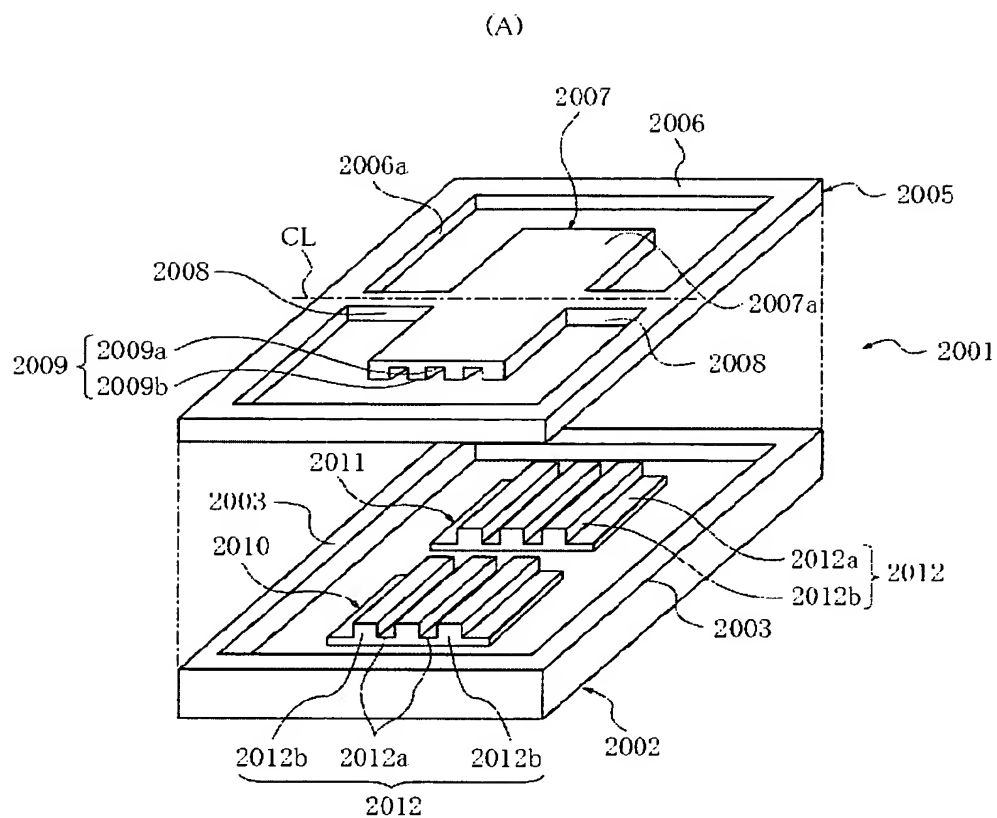
【図 15】



【図 16】



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高速に駆動可能で、大きな偏向角がとれ、反斜面の静的な平坦性が優れ、高速動作時にも歪みが少ない、小型で低電圧駆動可能な光偏向器及びその製造方法提供する。

【解決手段】 可動板を支持基板に対して相対的に駆動させ、反射面に入射する入射光を偏向する光偏向器であって、可動板の反射面が形成されない面に少なくとも2つ以上の凹部を形成し、磁性体は凹部に形成されていることを特徴とする光偏向器を提供する。

【選択図】 図3

特願 2 0 0 2 - 1 9 7 1 2 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 1 0 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

氏 名

キャノン株式会社